

Організація і проведення ефективної роботи з енергозбереження на всіх рівнях – від загальнодержавного до окремого споживача – важливий обов'язок фахівців народного господарства, які працюють сьогодні і будуть працювати в майбутньому. Цілеспрямована робота в навчальних закладах сприятиме формуванню відповідного світогляду у майбутніх фахівців і підготовці їх до вирішення конкретних завдань з енергозбереження.

В рамках однієї статті охопити більшість питань і можливостей енергозбереження неможливо. Але і з наведеного видно, що зробити в цій галузі треба немало, причому не лише в масштабах регіону, енергетичних, промислових гігантів і великих міст, а й на кожному робочому місці, в кожній квартирі.

- 1.Ревенко А. Энергоресурси та макроекономіка // Дзеркало тижня. – 2007. – №21(650).
- 2.Про енергозбереження: Закон України зі змінами та доповненнями №74-94 ВР.
- 3.Статистичний бюлетень за 2006 рік / ДК статистики України. – К., 2007.
- 4.Гурський Д. Енергетичний потенціал України / УК № 212 (3625), 13.11.07.
- 5.Постанова КМУ №1774 від 22.12.2006.
- 6.Розпорядження КМУ від 28.09.2006. № 502-р.
- 7.Маляренко В.А., Лисак Л.В. Энергетика, довкілля, енергозбереження / За заг. ред. проф. В.А.Маляренка. – Харків: Рубікон, 2004. – 368 с.
- 8.Маляренко В.А. Шляхи підвищення ефективності комунальної енергетики // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2007. – №3. – С.3-13.
- 9.Енергетична стратегія України на період до 2030 року та дальшу перспективу / Мінпаливенерго України, НАН України. – К., 2001. – 203 с.
- 10.Айзенберг Ю.Б. Энергосбережение и техническая политика в области освещения // Светотехника. – 2005. – №6. – С. 4-9.

Отримано 22.10.2007

УДК 693.54

В.П.ШПАЧУК, д-р техн. наук, Е.И.ГОЛОВИНА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ КАК МЕРА ВЗАИМОУСИЛИВАЮЩЕГОСЯ ДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТ ВНЕШНЕЙ МНОГОМЕРНОЙ ВИБРАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ

Анализируется влияние параметров многомерного внешнего динамического воздействия на анализируемый механический объект пространственной структуры, проанализированы параметры синергетического эффекта, смоделированного ударным взаимодействием колесной пары трамвая с рельсовым путем в месте изолированной стыковой неровности с учетом геометрических параметров стыка, загрузки вагона пассажирами, его скорости движения и длины секций трамвайного рельсового пути.

Известные результаты исследований зависимости и взаимовлия-

ний между параметрами вибрационных положений рабочих элементов узлов электрогидромеханических агрегатов и его корпуса, рассмотрены с точки зрения синергетического эффекта, т.е. эффекта взаимоусиливающего действия [6-8] компонент пространственной вибрации платформы стенда. В этом случае достигается воспроизведение в условиях стендовых испытаний наиболее опасного с точки зрения отказов объекта на виброненадежность режима испытаний. Действие амплитуды колебаний объекта в направлении основной (активно возбуждаемой) координаты на параметры пространственных колебаний платформы вибростенда в направлении сопряженных (а также активно возбуждаемых) координат становится максимально возможным. В результате исключаются заниженные оценки показателей вибрационной активности объекта, что диагностируется при стендовых испытаниях, а следовательно, и непредусмотренные отказы на виброненадежность в эксплуатации.

В исследованиях [5, 7, 9] по численному анализу параметров синергетического эффекта первого рода, формализованы через параметры амплитудно-фазо-частотных характеристик объекта пространственной структуры в абсолютных координатах, применительно к задачам виброненадежности. С использованием коэффициента синергизма выполнена количественная и качественная оценка взаимоусиливающего действия вибраций корпуса изделия на показатели вибрационной устойчивости объекта испытаний. Однако в этом случае область применения ограничена многокоординатным внешним воздействием только вибрационного типа.

В настоящей работе анализируемыми параметрами вибрационного состояния объекта являются его амплитудно-скважно-временные характеристики, а внешнее воздействие относится к типу пространственного ударного импульса с переменными во времени направлением, длительностью и скажностью.

Рассмотрена динамическая модель вагона трамвая, как объекта пространственной структуры [2], формализованная на базе амплитудно-скважно-временных характеристик, учитывающая ударное взаимодействие трамвая с принимающим рельсом в месте стыка, эксплуатационные и конструктивные факторы: скорость трамвая, приведенную массу колеса, скорость его центра масс до и после удара, а также угол зазора, ширину и высоту стыковой неровности.

Принятая в работе расчетная схема объекта исследований приведена на рис.1, где 1 – базовый инерционный элемент, моделирующий кузов пустого вагона; 2 – изотропный инерционный элемент, аддитивно и равномерно вкладывающийся в базовый (моделирует массу

пассажиrow вагона); 3 – абсолютно-жесткое основание с изолированными неровностями, моделирующими рельсовый стыковой путь трамвая; 4-7 – упругие элементы, моделирующие блок рессорной подвески объекта; 8-13 – конструктивные детали объекта. Вертикальные элементы 4, 5 имеют коэффициенты жесткости c_{1z} и c_{2z} соответственно.

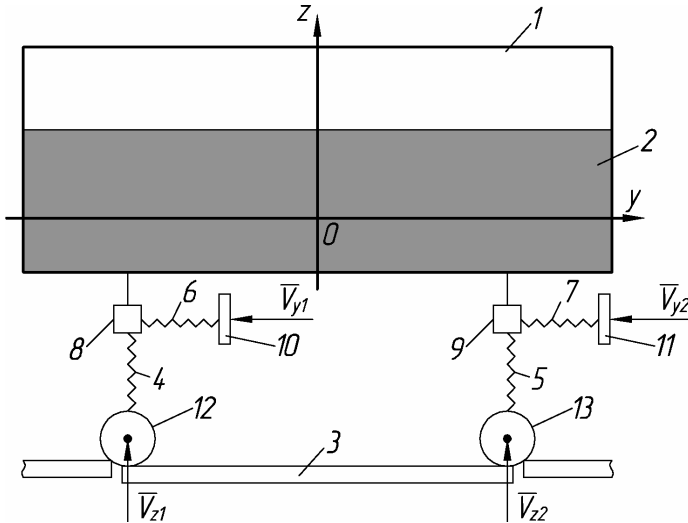


Рис.1 – Расчетная схема объекта

В качестве многокоординатного внешнего воздействия принято кинематическое возбуждение, моделируемое ударными импульсами вида:

$$Vy_1(t) = Vy_2(t) = 0 ; V_{z_1} = \begin{cases} A, [0, \tau] \\ 0, (\tau, +\infty) \end{cases} ; V_{z_2} = \begin{cases} 0, (0, T) \cup (T + \tau, +\infty) \\ A, [T, T + \tau] \end{cases},$$

где Vy_1 , Vy_2 , Vz_1 , Vz_2 – приложенные соответственно к конструктивным деталям 10, 11 и 12, 13 горизонтальные и вертикальные импульсы; A , τ , T – амплитуда, продолжительность и период импульсных воздействий. Здесь параметры τ , T являются, соответственно, функциями ширины и высоты стыковой неровности пути, скорости движения трамвая и длины секции пути.

Мерой синергетического эффекта первого рода (в абсолютных координатах) являются коэффициенты синергизма [1-4, 6], которые определяются для трёхмерного объекта испытаний по формулам:

$$K_{s_Y} = \frac{\max Y - \max Y^*}{\max Y^*} \cdot 100\% ; \quad K_{s_Z} = \frac{\max Z - \max Z^*}{\max Z^*} \cdot 100\% ;$$

$$K_{s_\theta} = \frac{\max \theta - \max \theta^*}{\max \theta^*} \cdot 100\% .$$

Здесь $\max Y$, $\max Z$, $\max \theta$ – максимальные значения функций $\max |y(t)| = f_1(T, \tau)$, $\max |z(t)| = f_2(T, \tau)$, $\max |\theta(t)| = f_3(T, \tau)$, $\max Y^*$, $\max Z^*$, $\max \theta^*$, где $\max Y^* = f_1(5, 1)$, $\max Z^* = f_2(5, 1)$, $\max \theta^* = f_3(5, 1)$; Y, Z, θ – линейные и угловое перемещения вагона 1 в неподвижной системе координат Oyz .

Под X_i^* подразумевается максимальное значение функции $X_i(t)$ в случае, когда объект успевает прийти в состояние равновесия до прихода второго возмущения $Vz2$. В нашем случае это наступает при $\tau=1$ с, $T=5$ с (данные эксперимента). Коэффициент синергизма при этом равен нулю.

Учитывая [1-4, 6, 9], синергетический эффект проявляется в результате наложения колебательных движений объекта при последовательном во времени приложении возмущений. При этом колебания объекта претерпевают изменения как взаимоослабляющего, так и взаимоусиливающегося типа. В последнем случае это приводит к непредвиденным отказам в работе электрогидромеханических агрегатов транспортных средств по устойчивости функционирования и прочности, преждевременному выходу их из строя, к перенапряжениям в материале соединений элементов узлов, агрегатов.

Временные зависимости $\max z(t)$ максимальных отклонений координат центра масс для пустого, средне и максимально загруженного вагона для линейных и нелинейных характеристик жесткости упругих элементов подвески вагона, а также при варьировании временных характеристик ударных импульсов τ , T в пределах от 0 до 5 с приведены в табл.1-3. Здесь указаны также значения возникающих коэффициентов синергизма K_{sz} .

На рис.2-4 (пустой, средне и максимально загруженный вагон соответственно) представлены графики $\max |z(t)| = f_2(T, \tau)$ максимальных отклонений координат центра масс объекта исследований от состояния равновесия при варьировании T и τ в пределах от 0 до 5 с.

Результаты анализа проведенных исследований позволили установить, что для рассмотренного в работе механического объекта коэф-

коэффициенты синергизма изменяются в следующих пределах.

Таблица 1 – Зависимости $z(t)$ для пустого вагона

| Центр масс | |
|------------|--|
| | <div> <div>c1z,c2z -линейные</div> <div>c1z,c2z -нелинейные</div> </div> |
| MaxZ | <div> <div>0,003420 ($\tau=1$; T=5)</div> <div>0,003670 ($\tau=1$; T=5)</div> </div> |
| Ksz | <div> <div>97,8%</div> <div>45,2%</div> </div> |

Таблица 2 – Зависимости $z(t)$ для средне загруженного вагона

| Центр масс | |
|------------|--|
| | <div> <div>c1z,c2z -линейные</div> <div>c1z,c2z -нелинейные</div> </div> |
| MaxZ | <div> <div>0,006924 ($\tau=0,6$; T=0)</div> <div>0,005405 ($\tau=1,0$; T=0,2)</div> </div> |
| Ksz | <div> <div>99,8%</div> <div>62,9%</div> </div> |

Таблица 3 – Зависимости $z(t)$ для максимально загруженного вагона

| Центр масс | |
|------------|--|
| | <div> <div>c1z,c2z -линейные</div> <div>c1z,c2z – нелинейные</div> </div> |
| MaxZ | <div> <div>0,006997 ($\tau=0,7$; T=0)</div> <div>0,005395 ($\tau=0,4$; T=0,4)</div> </div> |
| Ksz | <div> <div>85,4%</div> <div>52,3%</div> </div> |

Вариант загрузки №1 (расчеты проведены для пустого вагона)

Коэффициенты жесткости подвески линейны:

$K_{sy}=[42,5\%-55,6\%]$, $K_{sz}=[4,2\%-97,8\%]$; $K_{sr}=[2,1\%-4,1\%]$.

Коэффициенты жесткости подвески нелинейны:

$K_{sy}=[57,5\%-75,0\%]$, $K_{sz}=[4,0\%-45,2\%]$; $K_{sr}=[3,2\%-18,3\%]$.

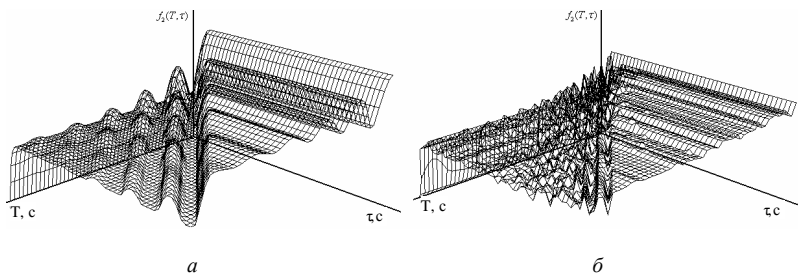


Рис.2 – Зависимости $f_2(T, \tau)$ пустого вагона:
a, б – линейные и нелинейные характеристики жесткости подвески.

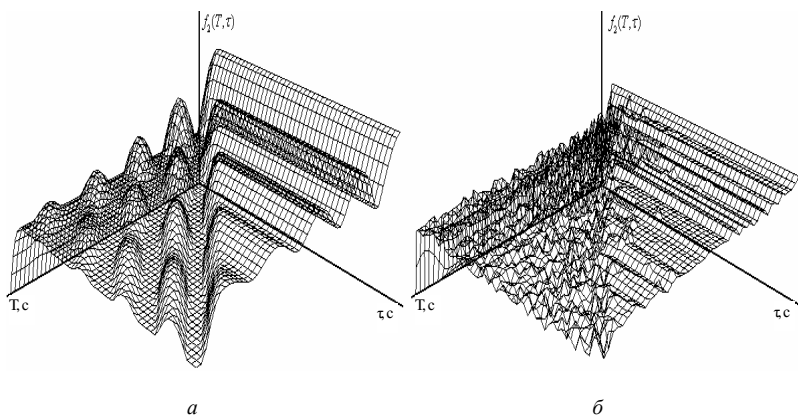


Рис.3 – Зависимости $f_2(T, \tau)$ средне загруженного вагона:
a, б – линейные и нелинейные характеристики жесткости подвески.

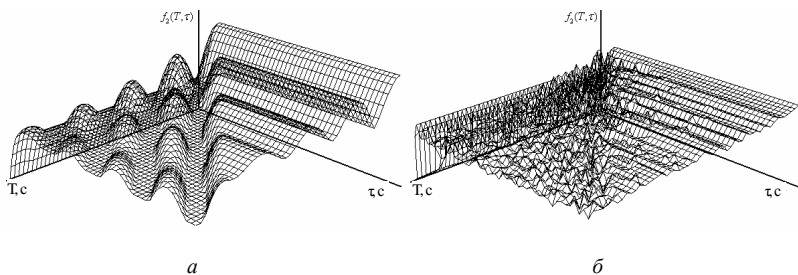


Рис.4 – Зависимости $f_2(T, \tau)$ максимально загруженного вагона:
a, б – линейные и нелинейные характеристики жесткости подвески.

Вариант загрузки №2 (загрузка вагона пассажирами ($5 \text{ ч/м}^2, 115 \text{ чел.}$))

Коэффициенты жесткости подвески линейны:

$K_{sy}=[47,7\%-53,0\%]$, $K_{sz}=[10,5\%-99,8\%]$; $K_{sr}=[8,9\%-10,4\%]$.

Коэффициенты жесткости подвески нелинейны:

$K_{sy}=[74,7\%-157,2\%]$, $K_{sz}=[6,9\%-62,9\%]$; $K_{sr}=[12,6\%-24,8\%]$.

Вариант загрузки №3 (максимальная загрузка вагона пассажирами ($10 \text{ ч/м}^2, 193 \text{ чел.}$))

Коэффициенты жесткости подвески линейны:

$K_{sy}=[51,5\%-69,6\%]$, $K_{sz}=[16,7\%-85,4\%]$; $K_{sr}=[11,5\%-18,2\%]$.

Коэффициенты жесткости подвески нелинейны:

$K_{sy}=[49,9\%-165,2\%]$, $K_{sz}=[12,1\%-52,3\%]$; $K_{sr}=[18,4\%-35,2\%]$.

Анализ параметров синергетического эффекта, смоделированного ударным динамическим воздействием колесной пары трамвая с рельсовым путем в месте изолированной стыковой неровности с учетом геометрических параметров стыка, загруженности вагона пассажирами, его скорости движения и длины трамвайного рельсового пути, показал, что наибольший коэффициент синергизма по координате Z имеет при средней загруженности вагона значения:

- для линейной характеристики жесткости имеет значение, равное 99,8%, если $\tau = 0,6 \text{ с}$ и $T = 0$;

- для нелинейной характеристики жесткости равно 165,2%, если $\tau = 1,0 \text{ с}$ и $T = 0,2 \text{ с}$.

Полученные данные необходимо учитывать при определении нормативного эксплуатационного режима транспортного средства.

Практическое значение полученных в работе результатов проявляется при решении задач виброустойчивости, вибропрочности и вибродиагностики объектов, предназначенных для эксплуатации в условиях действия внешнего пространственного ударного импульсного воздействия, а также при синтезе их конструктивных схем.

1.Шпачук В.П. К анализу особенностей многокоординатной вибрации объектов пространственной структуры // Прикладная механика. – 1994. – №1. – С.82-89.

2.Шпачук В.П., Головина Е.И. К исследованию параметров вибрационной активности объектов пространственной структуры на базе амплитудно-скважностно-временных характеристик // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.72. – К.: Техніка, 2006. – С.226-234.

3.Шпачук В.П. К анализу особенностей многокоординатной вибрации объектов пространственной структуры // Прикладная механика. – 1994. – №1. – С.82-89.

4.Шпачук В.П. Особенности проявления синергетического эффекта в объектах пространственной структуры при многокоординатном виброн нагружении // Прикладная механика. – 1999. – №10. – С.108-112.

5.Плахтиенко Н.П. Про розрахунок визначення коефіцієнтів допустимих пошкоджень та відповідальності споруд // Конструкции гражданских зданий: Сб. науч. тр. КиевЗНИИЭП. – 2003. – С.103-113.

6.Шпачук В.П. К проблеме испытаний объектов пространственной структуры на вибронадежность, реализующих эффект синергизма // Прикладная механика. – 2005. – №7. – С.116-121.

7.Plakhtienko N.P. Double non-stationary phase - frequency resonance of oscillatory systems // Int. Appl. – 2002. – 38, № 1. – P.135-141.

8.Skinner R.J., Robinson W.H., Vc. Verry G.H. An introduction to seismic isolation. - John Willy and Sons, 1993. – 423 p.

9.Шпачук В.П., Головина Е.И. Формализация параметров синергетического эффекта на базе амплитудно-скважно-временных характеристик // International Conference Dynamical System Modelling and Stability Investigation (May 22-25, 2007). – К: КНУ, 2007. – С.123.

Получено 16.10.2007

УДК 658.5 : 629.423

В.Х.ДАЛЕКА, д-р техн. наук, О.С.ГОРДІЄНКО, Д.О.ЛИЧОВ

Харківська національна академія міського господарства

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ І МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОГРАМ ПІДПРИЄМСТВ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В ПРОЕКТАХ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Розглядається питання наукового забезпечення управління виробничими програмами підприємств міського електричного транспорту в детермінованих умовах та за умов невизначеності.

У сучасних умовах трансформації економічних відносин в Україні ефективність роботи підприємств стримується не лише зовнішніми для них чинниками (недосконалість законодавства, обмеженість практично усіх видів ресурсів, недостатній розвиток фінансової та грошово-кредитної систем для інноваційної та інвестиційної діяльності, відсутність чітких національних пріоритетів зовнішньоекономічної діяльності тощо), а також і внутрішніми [1-4]. Серед внутрішніх обмежувачів можна виділити, насамперед, недостатній рівень наукового обґрунтування підприємницьких рішень, що не дозволяє належним чином опрацьовувати стратегію і тактику фінансово-господарської діяльності, хоча нинішні умови господарювання (розвиток конкуренції, зростання ризику, невизначеність майбутньої ринкової ситуації та ін.) постійно потребують всебічного обґрунтування управлінських рішень.

Оскільки в нашій державі житлово-комунальне господарство – один з найбільших споживачів ресурсів, розглянемо використання математичних методів підтримки прийняття управлінських рішень з ресурсозбереження при оптимізації виробничої програми підприємств підгалузі міського електричного транспорту за умов недетермінованих цін на продукцію, послуги, ресурси, а також умов ризику або умов невизначеності щодо показників майбутньої діяльності цих підприємств